

소형 plezier보트 저항성능 향상을 위한 선형디자인 연구

A study on hull design to improve resistance performance of small pleasure boats

주 저 자 : 박성환 (Park, Seong Hwan) 국립부경대학교 BK21마린디자인어링교육연구단 연구교수
chibamoon99@naver.com

<https://doi.org/10.46248/kids.2024.4.621>

접수일 2024. 11. 24. / 심사완료일 2024. 12. 01. / 게재확정일 2024. 12. 09. / 게재일 2024. 12. 30.

Abstract

This study was designed to propose a non-commercial “small pleasure boat” design of a catamaran with a vessel length of less than 12 meters, with relatively simplified construction procedures and safety inspection standards compared to general ships, in order to strengthen the design and design capabilities of small and medium-sized ships. Using the programs Rhino 4.0 & Maxsurf, stability and effective horsepower were calculated for the 1st, 2nd, and 3rd stages. A small pleasure boat design was proposed by applying a line with improved resistance. In order to propose a design to improve resistance performance, the resistance performance of symmetrical catamaran type A and asymmetric catamaran type B was calculated to calculate the required horsepower (EHP) for each ship speed and compare the resistance performance.

Keyword

플레저보트(pleasure boat), 저항성능(resistance performance), 선형디자인(hull design)

요약

본 연구는 중소형 선박의 선형 설계과 디자인 역량을 강화하기 위해 비교적 건조 절차와 안전검사 기준이 일반 선박보다 대폭 간소화된 선박길이 12미터 미만인 쌍동선 선형의 비사업용 “소형 플레저보트” 디자인을 제안하기 위해 설계 프로그램인 라이노(Rhino 4.0) & 맥서프(Maxsurf)를 사용하여, 1차, 2차, 3차에 걸쳐 안정성(STABILITY)과 유효마력을 산출하여 저항성능이 개선된 선형을 적용하여 소형 플레저보트 디자인을 제안하였다. 저항성능 개선 선형디자인 제안을 위해 대칭형 쌍동선 선형 Type A와 비대칭형 쌍동선 선형 Type B에 대한 저항성능 분석을 통하여 선속별 요구마력(EHP)을 산출하여 저항성능을 비교한 결과, 10knot의 선속 기준 시 직선 대칭 선형(Type A)이 직선 비대칭 선형(Type B) 대비 약 10% 에너지 효율이 우수하며 대부분의 선속 비교에서도 저항을 적게 받고 있음을 알 수 있었다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 목표 및 내용

2. 이론적 배경

- 2-1. 플레저보트의 이해
- 2-2. 선형의 종류 및 유형
- 2-3. 선박 저항의 이해

3. 소형 플레저보트 유사선형 사례조사

- 3-1. 쌍동선형의 소형 플레저보트 실적선 조사
- 3-2. 소형 플레저보트 선형디자인 제원 도출

4. 소형 플레저보트 선형디자인 개발

- 4-1. 1차 선형디자인 및 저항성능 분석
- 4-2. 2차 선형디자인 및 저항성능 분석
- 4-3. 3차 선형디자인 및 저항성능 분석
- 4-4. 쌍동선형 소형 플레저보트 디자인 제안

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경

지구 온난화에 기인한 국제적인 환경 규제 움직임에 따라 국제해사기구(IMO)는 최근 해상 온실가스 감축 중기전략을 채택하여 2008년 수준 대비 2050년까지 선박의 총 해상 온실가스 연간 배출량을 50%까지 줄이는 것을 목표로하고 있다. 선박 건조 시부터 에너지 효율 기준을 만족해야 하는 EEDI 제도는 2013년부터 시행되었으며, 2023년부터는 현재 운항 중인 국제항해선박의 에너지 효율 개선을 위한 EEXI 제도가 도입 및 시행되었다. 이처럼 온실가스 감축을 위한 강제 규정이 강화되면서 탄소 배출을 줄이고자 하는 선사들의 기술개발 노력이 커지고 있다.

선박에서 배출되는 탄소를 줄이는 방법으로는 탈황장치 및 보조추진장치 설치, 친환경 연료를 사용하는 방법 등이 대표적이다. 친환경 연료에는 액화천연가스(LNG), 메탄올, 수소 등이 있으며 최근 암모니아도 이산화탄소 배출이 없는 무탄소 연료로 주목받고 있다. 하지만 장치 설치나 친환경 연료의 사용만으로는 규제 강화 속도를 따라가는 것에 한계가 있다. 따라서 선박의 연료 사용량을 줄여 온실가스 배출을 감소할 수 있도록 선형 최적화를 통한 고효율의 선박 설계가 필요하다.

선형 최적화는 오래전부터 설계자의 지식과 경험에 의존해 선형을 직접 수정하는 방식으로 수행됐으며, 모형시험을 통해 선형의 유체동역학적 성능을 평가함으로써 최적 선형을 도출하는 일련의 과정이 반복되었다. 하지만 기술과 자본을 보유하고 있는 국내 대형 선박 관련 조선산업 분야에서 선형 최적화를 위한 CAD 프로그램을 이용하여 선박의 형상을 수정하고 전산유체역학(CFD) 해석을 통해 성능 평가를 반복적으로 수행하여 기본설계와 에너지 효율 관점에서 선형 최적화를 체계적으로 수행하고 있다.¹⁾

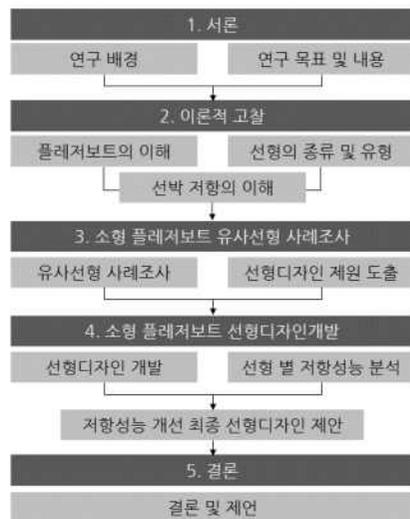
그러나 국내 해양레저시장의 소형레저선박은 소비자의 수요시장이 불확실한 시장으로 소형레저선박에 관한 연구개발과 보급이 부족하고 소형레저선박 관련 설계전문 인력 및 인프라가 낙후되어 있는 실정이며, 또한 영세한 국내 중소형 조선소는 대부분 자체 선형 설계 기술력을 확보하지 못하고 있어 외국에서 설계 도면을 구입하여 제작하고 있는 것이 현실이다. 따라

1) 박정운, 이종현, 서장훈, 박동우, 소형 쌍동선의 저항성능 개선을 위한 선형 최적화 기법 개발, 대한조선학회지, 2023. 10. Vol.60, No.5, p.332.

서 소형레저선박에 대한 국내외 경쟁력을 가지기 위해서 기본설계와 에너지 효율 관점의 선형 최적화를 위한 핵심기술을 확보하기 위한 노력들이 요구되고 있다.²⁾

1-2. 연구 목표 및 내용

본 연구에서는 비교적 건조 절차와 안전검사 기준이 일반 선박보다 대폭 간소화된 선박길이 12미터 미만인 쌍동선 선형의 비사업용 “소형 플래저보트”의 선형 디자인을 진행하고 선형 최적화를 검증하기 위한 설계 프로그램인 라이노(Rhino 4.0) & 맥서프(Maxsurf 15.22)를 사용하여 저항성능이 향상된 소형 “플래저보트”의 선형디자인 제안을 목표로, 첫째 플래저보트에 대한 이론적 고찰을 통해 플래저보트의 이해와 선형의 종류와 유형, 선박 저항의 이해를 위해 문헌조사를 수행한다. 둘째 쌍동선형의 소형 플래저보트 디자인을 하기 위해 12m 이하의 유사 실적선 조사분석을 바탕으로 주요 사양 및 스펙을 결정한다. 셋째 1차, 2차, 3차에 걸쳐 선형디자인을 제안하고 안정성(STABILITY)과 유효마력을 산출하여 저항성능이 개선된 선형을 분석하고 최종 쌍동선형 소형 플래저보트 디자인을 제안한다. 끝으로 소형 플래저보트 디자인을 위한 제안과 향후 지속해서 연구할 내용을 요약, 정리하며 결론을 도출한다.



[그림 1] 디자인 연구 프로세스

2) 신성철, 김원모, 46피트급 모터요트의 선형설계, 대한조선학회지, 2008. 08. Vol.45, No.4, p.455.

2. 이론적 배경

2-1. 플래저보트의 이해

“플래저보트”란 레저용으로 사용되는 기선과 범선을 말하며 비사업용과 사업용으로 구분한다. “비사업용 플래저보트”란 여객선, 유선 및 도선 등이 아닌 스포츠 또는 레크레이션용으로 사용되는 플래저보트를 말하며 “사업용 플래저보트”란 선박길이 24미터 미만 선박으로서 「유선 및 도선 사업법」의 적용을 받는 유선을 말한다. 비사업용 “소형 플래저보트”는 여객선, 유선, 도선 및 어선 등이 아닌 스포츠 또는 레크레이션용으로 사용하는 선박길이 12미터 미만의 선박을 말한다. 다만, 「수상레저안전법」에 따라 안전검사를 받는 수상레저기구는 제외한다. “플래저보트”의 검사에 필요한 도면, 구조 및 설비 등에 관한 규정은 「선박안전법」 제26조에 따른다.³⁾

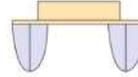
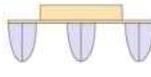
특히, 레저용 플래저보트에 대한 건조절차 및 안전검사기준이 화물선 등 일반선박의 안전기준에 비해 대폭 간소화되었다. 유선 선박 옆면에 표시해야 하는 최대화물적재선 및 선박복원성 기준 적용이 제외되어 선박복원성 시험에 소요되는 비용을 절감하게 되었다. 또 항만 등 평수구역(18개구역)만을 운항하는 경우 별도의 검사 없이 육상을 통해 다른 평수구역으로 자유롭게 이동할 수 있게 되었다. 외국정부 또는 국제선급연합 정회원이 검사하거나 승인한 수입 선박용 물건에 대해 국내규정에 의한 별도의 성능시험이 면제되고 소형 플래저보트(24m 미만)의 건조검사 시 제출하는 도면의 종류를 12종에서 3종으로 줄이고 비사업용은 도면승인 절차가 생략되었다. 아울러 비사업용 플래저보트에 대해서는 선체구조강도 확인 방법으로 건조 중 검사와 함께 건조 후 완성검사를 인정하게 됨에 따라 플래저보트로 많이 사용되는 FRP 재질의 선박은 건조공정이 150일에서 110일로 대폭 단축될 전망이며 따라서 다양한 형태의 선박용 물건의 사용을 허용하고, 출입구 문턱 높이 제한을 완화하여 보다 세련된 외관 설계가 가능해질 것으로 기대하고 있다.

2-2. 선형의 종류 및 유형

플래저보트의 선형은 그 운영 목적에 따라 설계가 이루어진다. 스피드를 즐기기 위하여 고속으로 질주하며 앞의 파도를 가르며 갈수 있게 'V'형의 선형과 활주형의 선형으로 설계되며 저속형으로 앞의 파도를 타고

넘을 수 있는 'U'자형의 선형을 가지고 있으며 선회 기능을 강화하기 위하여 선미 부분을 좁게 설계하는 경향이 있으며 일반적인 선형은 선체(Hull)의 개수와 단면 형상에 따라 단동선(Mono Hull), 쌍동선(Catamaran), 삼동선(Trimaran)으로 분류한다.

[표 1] Hull의 개수에 따른 선형 분류

		
단동선 (Mono Hull)	쌍동선 (Catamaran)	삼동선 (Trimaran)

단동선(Mono Hull)은 단일 선체로 구성된 가장 일반적인 선형이며 민첩한 성능을 가지지만 다른 선형에 비해서 상대적으로 안정감이 떨어진다. 용도나 성능 목표에 따라 선형의 단면 형상이 결정된다.

쌍동선(Catamaran)은 두개의 선체로 구성되어 배수량을 분담하는 형태이며 갑판의 활용도가 높고 흔들림이 적은 편으로 안정감이 높은 장점이 있다. 단동선에 비해 두 개의 폭이 좁은 선형을 채택할 수 있어서 상대적으로 형상 저항을 줄일 수 있으며 용골의 중량을 조금 더 가볍게 설계할 수 있다. 갑판의 공간 활용에 유리한 장점이 있으나 높은 복원력으로 인해 주기가 짧아 경우에 따라 탑승자가 느끼는 불쾌감이 커질 수 있으며 또한 흡수가 단동선 보다 낮아 화물의 무게와 위치의 변화에 민감하게 작용하고 선박이 앞뒤로 흔들리는 피칭(Pitching)운동과 위 아래, 즉 수심방향으로 흔들리는 히빙(Heaving)운동에 민감하게 작용한다. 고속선의 경우 두개의 선형이 가지는 조파저항이 서로 상쇄하는 원리를 이용하여 높은 성능을 구현할 수 있다.

삼동선(Trimaran)은 세 개의 선체가 배수량을 분담하는 형태이며 갑판의 활용도가 높고 동요가 가장 적은 형태로 안정감이 높으며 초기 복원력이 가장 높은 장점이 있다. 거친 해양환경에서의 대양 항해용 요트와 같이 우수한 생존 성능을 필요로 하는 경우 삼동선을 선택하여 기록을 단축하고 있으며 또한 쌍동선과 마찬가지로 고속에서 높은 저항 성능을 가지는 특징으로 인해 최근에는 여객선, 군함 등의 대형선에서도 사용되는 사례가 늘고 있다.⁴⁾

3) 해양수산부, 플래저보트 검사기준, 제2017-94호, 제2조

4) 현대요트, 선형의 종류, (2024.10.30.).

blog.naver.com/hdyacht

[표 2] Hull의 단면 형상에 따른 선형 분류

		
Planing Hull	Semi-displacement Hull	Displacement Hull

선체(Hull)의 단면 형상에 따라 활주형(Planing Hull)과 배수량형(Displacement Hull)으로 분류하며 활주형(Planing Hull)은 선측과 선저에 해당하는 형상이 직선과 약간 오목 또는 볼록한 형상이 있으며 만나는 지점의 모서리가 예리한 각도로 형태의 단면이다. Chine은 고속에서 조파저항을 줄이면서 선체를 부상시키는 기능을 가지며 소형선의 경우 선체 강도를 보강하는 역할까지 겸하는 단면 형상으로 활주형 선박에 주로 사용된다.

배수량형(Displacement Hull)은 선측과 선저에 해당하는 단면이 약간 곡선이며 만나는 지점의 모서리가 부드러운 곡선으로 이루어진 형태의 단면을 가진다. 지금까지 가장 넓은 범위의 선형에 사용되는 단면 형상이며 배수량형 선박에 사용되는 선형이다.⁵⁾

2-3. 선박 저항의 이해

2-3-1. 선박 저항의 정의

선박이 일정속도로 물위를 달리면 선박은 저항(resistance)을 받게 된다. 그러나 일반적으로 정의하는 저항은 선박을 일정속도로 예인(towing)하는데 필요로 하는 힘을 말한다. 공기역학에서는 이동하는 물체가 받는 저항을 항력(drag)이라고 정의하는 것이 일반적이나 유체동역학에서는 이를 저항(resistance)이라고 전통적으로 사용하고 있으며 선박의 선체 저항은 일반적으로 4가지로 구분한다.

선박의 저항은 그 선박의 형상과 치수 그리고 운항속도에 따라 달라지므로 서로 다른 두 선박의 저항의 크기를 직접 비교하는 것은 무의미하기 때문에 항력계수와 유사한 저항계수를 정의하여 비교한다. 항력계수의 경우는 물체의 전방면적을 사용하였으나 선박저항의 경우에는 선체가 물에 접하고 있는 면적 즉 침수표면적을 사용한다. 여기서 선박의 전저항은 마찰저항과 잉여저항의 합으로 정의되므로 전저항계수 역시 마찰저항계수와 잉여저항계수로 나누어 생각할 수 있다.

5) 현대요트, 선형의 종류, (2024.10.30.).
blog.naver.com/hdyacht

[표 3] 선박 저항의 종류

마찰저항	선박이 운항하면서 물과 선체의 표면이 접촉하면서 발생하는 저항을 말한다.
조파저항	선박이 진행함에 따라 수면상에 형성된 파도를 유지하기 위한 저항을 말한다
와류저항	물이 선체 표면을 따라 흐르지 못하게 되어 소용돌이와 같은 저항을 말한다.
공기저항	수면상에 노출된 주 선체와 선루가 공기와 접촉하면서 발생하는 저항을 말한다.

[표 4] 선박 저항의 기본 용어

R_T	전저항 : 마찰저항과 잉여저항의 합 $R_T = R_R + R_F + R_{Cor} + R_{App} + R_{Air}$
R_R	잉여저항 : R_{Cor}, R_{App} or R_{Air} 은 포함하지 않음. 잉여저항(Residual resistance, R_R): $R_R = R_T - R_{FP}$
R_W	조파저항 : 자유 표면 파도를 만드는데 생기는 저항
R_F	마찰저항 : 두 물체가 접촉할 때 접촉면에 생성되는 저항
R_V	점성저항 : 마찰저항 + 점성저항 + 선체의 3D 형상효과
R_{Cor}	상관관계 : ship scale로부터의 상호관계를 위한 추가저항
R_{App}	부가물 저항 : shaft bossing, shaft bracket, bilge keel, udder 등
R_{Air}	공기저항 : 수면 윗부분의 공기 저항

2-3-2. 선박 저항의 기본 계산식

선박의 전저항(R_T)은 아래와 같이 계산할 수 있다. 여기서 R_F 는 마찰저항, $1+k$ 은 R_F 에 관계되는 선형에 따른 점성저항을 설명하는 형상계수, R_{App} 는 부가물저항, R_W 는 조파저항, R_B 는 수면근처에서의 구상선수의 부가압력저항, R_{TR} 는 잠수된 트랜섬 선미의 부가압력저항, R_A 는 모형선과 실선 상관수정 저항이다.

$$R_{total} = R_f(1+k_1) + R_{App} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

점성저항(R_V)는 다음과 같은 식으로 계산된다. 여기서 C_F 는 마찰식에 따른 마찰계수로 C_F 는 $0.075/(\log Rn - 2)^2$ 식으로 구하고, 형상계수 $1+k_1$ 는 $0.93 + 0.487118C_{1.4}(B/L)^{1.06806}(T/L)^{0.46106} \times (L/LR)^{0.121563}(L3/\nabla)^{0.36486}(1-CP)^{-0.604247}$ 여기서 B와 T는 폭과 흘수이고, L은 수선에서의 길이, ∇ 는 부피배수량, CP는 수선 길이에 따른 주형 계수이다.

$$R_V = 1/2\rho V^2 C_F (1+k_1) S$$

2-3-3. Maxsurf 이용 선박 저항 예측 방법

Maxsurf를 이용하여 선박 저항을 예측하는 방법은 프로그램 선체 형상에 따른 방법과 선박의 배수량에 따른 방법이 있다.

[표 5] 선체 형상에 따른 방법

Savitsky (Pre-Planing)	예비 계획 저항의 계획상에서 얻어지는 선체의 계획 저항을 추정한다.
Savitsky (Planing)	활주 형상에 고속의 평평한 선체의 저항 추정을 위해 사용한다.
Lahtiharju	고속의 평평한 선체의 저항 추정을 위해 사용한다.

[표 6] 선박의 배수량에 따른 방법

Holtrop	유조선, 일반 화물선, 낚시 배, 예인선, 컨테이너선의 저항 예측에 사용한다.
Compton	전형적인 넓은 트랜섬과 고속의 세미플래닝을 가진 경비정, 실습선, 레저용 파워보트타입의 저항 예측에 사용한다.
Fung	Transom stern 선체 형상과 Displacement ships의 저항 예측에 사용한다.
van Oortmerssen	어선과 예인선 같은 작은 선박의 저항 예측에 사용한다.
Series 60	단일 스크류 화물선의 저항 예측에 사용한다.
Slender body	세장형 선체 및 단동선 뿐만 아니라 쌍동선에 대한 저항을 해석한다.

본 연구에서는 선박길이가 12미터 미만인 쌍동선 선형의 비사업용 “소형 pleasure보트”의 선형디자인을 진행하고 선형 최적화를 검증하기 위해 Maxsurf Hull Speed (Version 15.22) 모듈을 이용하여 저항성능 향상을 추정하였다. Hull speed는 Maxsurf Pro에서 정의된 선형을 Hull Speed의 프로그램상 여러 가지 방법론 중 선형형태 쓰임에 맞는 방법을 채택하여 저항을 측정한다. 여기에서 측정된 저항값을 소요마력을 확인하고 주기관 선정에 사용할 수 있으며 저항 해석을 위한 방법론적인 채택은 매뉴얼 상에서 정하고 있는 선박의 형식에 맞는 방법에서 가장 일반적으로 사용하는 Holtrop방법을 채택하여 저항과 마력을 산출하였다.

3. 소형 pleasure보트 유사선형 사례조사

3-1. 쌍동선형의 소형 pleasure보트 실적선 조사

쌍동선형의 소형 pleasure보트는 12m 미만의 두 개의 선체를 가진 레저용 선박을 말하며, 물에 잠기는 상사형의 몸체를 서로 연결하는 갑판을 두고 그 위에 데크 및 하우스 등의 구조물을 설치한 선형으로 저항성능 향상을 위한 선형디자인을 제안하기 위해 국내외 소형 쌍동선형의 실적선을 조사하여 전폭이 5m가 넘지 않은 점을 감안하여 저항성능 향상 선형디자인을 위한 주요제원을 [표 8]과 같이 결정하였다.

[표 7] 국내외 소형 pleasure보트 실적선 조사

Waterbus Cube (폴란드)	모델 : Houseboat 전장 : 9.2 m 전폭 : 3 m 선체 : 쌍동선 선재 : 알루미늄
Sea Speed (호주)	모델 : Quad Cat 121 전장 : 12.3 m 전폭 : 4.36 m 선체 : 쌍동선 선재 : 알루미늄
Coastal Marine (러시아)	모델 : Arrow Cat 42 전장 : 12.5 m 전폭 : 4.44 m 선체 : 쌍동선 선재 : FRP
Kingfisher Boats (뉴질랜드)	모델 : Powercat 1200 전장 : 12 m 전폭 : 4.5 m 선체 : 쌍동선 선재 : 알루미늄

[표 8] 소형 pleasure보트 선형디자인 주요 제원

항목	선형디자인을 위한 주요 제원
전장	- 12m 미만
전폭	- 4.4m 미만
총 톤수	- 20톤 미만
승선 인원	- 6 ~ 8 명
동력	- 80마력 이상, 인보드 엔진 2개
법규	- 비사업용 소형 pleasure보트(12m 미만)

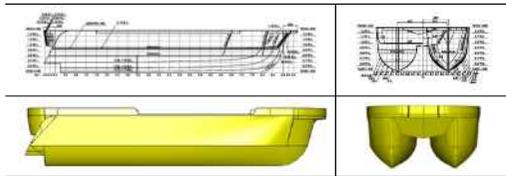
4. 소형 플레저보트 선형디자인 개발

4-1. 1차 선형디자인 및 저항성능 분석

본 연구의 수행목표인 쌍동선형의 비사업용 “소형 플레저보트”의 저항 성능향상을 위한 선형디자인을 제안하기 위해 먼저 12m 미만의 “플레저보트” 스펙을 고려하여 1차 선형디자인을 진행하고 선형의 저항성능을 검증하고자 선박설계 및 성능추정 연구용으로 사용하고 있는 상용 SW인 Maxsurf 활용하여, 선체를 포함한 경하중량(인테리어, 엔진, 선체 등)과 적재중량(탑승자, 연료유, 청수)을 합한 선체 총중량(8.825 ton)을 구하고 중량데이터 기반 주요정보를 산출하였다. 분석 결과는 [표 10]과 같다.

1차 선형디자인의 Service Speed가 8kts의 속력을 가지는 선형임을 기준으로 각 저항과 마력을 산출하였다. 분석 결과는 [표 11]과 같다.

[표 9] 1차 선형디자인 라인즈 및 3D 모델링



[표 10] 1차 선형디자인 주요 정보

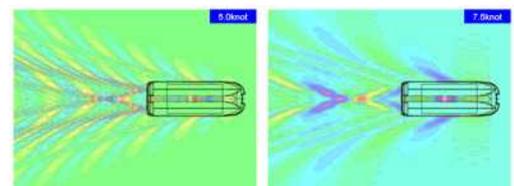
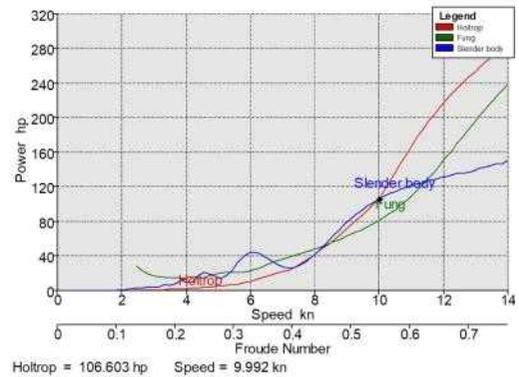
1차 선형디자인 주요 사양	단위	산출 내역
Displacement	ton	8.825
LWL	m	8.972
Beam	m	3.293
Draft	m	0.584
Displaced volume	m ³	8.624
Wetted area	m ²	32.515
Prismatic coeff	-	0.86
Waterpl. area coeff	-	0.936
1/2 angle of entrance	deg.	39.5
LCG from midships	m	-0.579
Max sectional area	m ²	1.118
Draft at FP	m	0.584

만재흘수(0.584m)에서의 저항 및 마력추정을 위해 배수량형 선박의 저항추정에 사용되는 Holtrop기법을 적용하여 분석한 결과, 추진효율 65%를 기준으로 하여 10knot에서 약 106hp의 제동마력(BHP)을 필요로 하는 것을 알 수 있었다.

[표 11] 1차 선형디자인 저항 및 마력추정 결과

선속(knot)	1차 선형	
	EHP(요구마력)	BHP(제동마력)
1	0.0	0.0
2	0.2	0.3
3	0.7	1.0
4	1.5	2.4
5	3.2	5.0
6	6.9	10.6
7	14.4	22.1
8	27.3	42.0
9	46.4	71.4
10	69.3	106.6
11	108.4	166.7
12	141.1	217.0

[표 12] 1차 선형디자인 속도에 따른 마력추정 곡선(EHP)



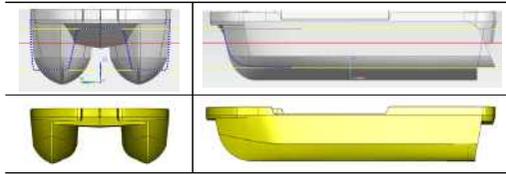
[그림 2] 1차 선형디자인 선체 측면과 동체 사이 파형분석

4-2. 2차 선형디자인 및 저항성능 분석

1차 선형디자인 저항성능 분석내용을 반영하여 2차 선형디자인을 진행하고 동일한 분석조건으로 선체를 포함한 경하중량(인테리어, 엔진, 선체 등)과 적재중량(탑승자, 연료유, 청수)을 합한 선체 총중량(8.749 ton)을 구하고 중량데이터 기반 주요정보를 산출하였다. 분석 결과는 [표 14]과 같다.

2차 선형디자인의 Service Speed가 8kts의 속력을 가지는 선형임을 기준으로 각 저항과 마력을 산출하였다. 분석 결과는 [표 15]과 같다.

[표 13] 1차 선형디자인 라인즈 수정 및 3D 모델링



[표 14] 2차 선형디자인 주요 정보

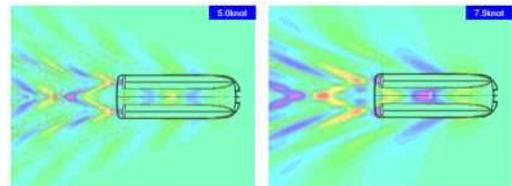
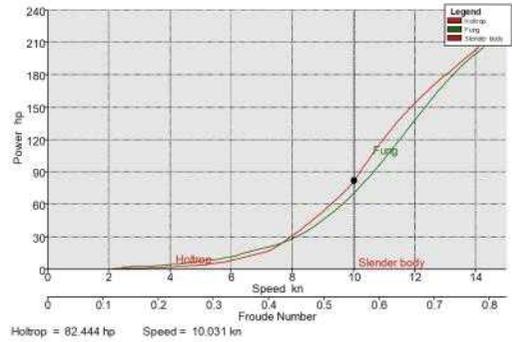
2차 선형디자인 주요 사양	단위	산출 내역
Displacement	ton	8,749
LWL	m	8.793
Beam	m	3.442
Draft	m	0.673
Displaced volume	m ³	8.501
Wetted area	m ²	31.145
Prismatic coeff	-	0.814
Waterpl. area coeff	-	0.907
1/2 angle of entrance	deg.	29.1
LCG from midships	m	-0.519
Max sectional area	m ²	1.187
Draft at FP	m	0.673

만재흘수(0.673m)에서의 배수량형 선박의 저항추정에 사용되는 Holtrop기법을 적용하여 분석한 결과, 추진효율 65%를 기준으로 하여 10knot에서 약 81hp의 제동마력(BHP)을 필요로 하는 것을 알 수 있었다.

[표 15] 2차 선형디자인 저항 및 마력추정 결과

선속(knot)	2차 선형	
	EHP(요구마력)	BHP(제동마력)
1	0.0	0.0
2	0.2	0.3
3	0.5	0.8
4	1.2	1.8
5	2.5	3.8
6	5.2	8.0
7	9.7	14.9
8	20.0	30.8
9	34.5	53.1
10	52.5	81.8
11	78.2	120.3
12	99.1	152.4

[표 16] 2차 선형디자인 속도에 따른 마력추정 곡선(EHP)



[그림 3] 2차 선형디자인 선체 측면과 동체 사이 파형분석

1차와 2차 선형디자인 저항성능 분석결과, 초기선형은 좌우 선체의 A 형태적 특성상, 예비부력 확보가 용이하지만 A' 동체 사이 공간의 간격이 좁음에 따른 유체의 저항으로 인하여 선체 주위의 파계 형태가 심하게 요동치고 있음을 보여주고 있다. 이 2가지 포인트(A+A')를 개선하고자 B 형태의 폭을 줄이고 B' 동체 사이 공간의 간격을 넓게 한 결과, 선체 주위의 파계 형태가 안정적으로 보이고 있으며 10knot의 속도를 내기 위해 필요로 하는 제동마력이 81hp인 점을 유지하면 추진효율이 23% 증가하고 있음을 알 수 있었다.

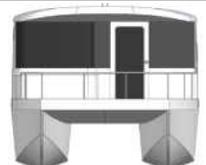
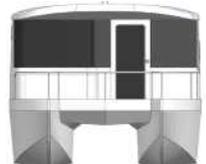
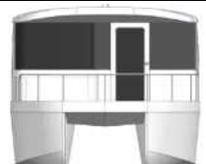
[표 17] 1차, 2차 선형디자인 저항성능 비교분석 결과

	1차 선형	2차 선형
선형 수정		
효율 증가	10knot → 106hp 필요	10knot → 81hp 필요
파형 개선		

4-3. 3차 선형디자인 및 저항성능 분석

1차와 2차 선형디자인 저항성능 분석결과, 추진효율이 23% 증가한 선형을 기초하여 일반적인 대칭형 쌍동선 선형과 비대칭형 쌍동선 선형에 대한 디자인을 제안하고 대칭형 선형과 비대칭형 선형에 대한 저항성능을 비교하기 위해 [표 18]과 [표 19]와 같이 EHP (요구마력)를 산출하였다.

[표 18] 1차, 2차 선형분석 결과 반영 선형디자인 제안

<p>직선 대칭 선형 Type A</p> 	<p>일반적인 쌍동선형에 가깝게 선수미 형상이 유사한 직선 대칭 선형디자인</p>
<p>직선 대칭 선형 Type B</p> 	<p>직선 대칭 선형 Type A 선체에 Chine 을 추가하고, 용골을 살린 조형을 통해 디자인적 요소를 강조한 선형디자인</p>
<p>직선 비대칭 선형 Type A</p> 	<p>선체 안쪽면으로 유입되는 물의 양을 적게 하기 위해 좌우 선형을 각각 비대칭으로 디자인한 선형디자인</p>
<p>직선 비대칭 선형 Type B</p> 	<p>선체 사이로 유입 되는 물의 저항을 적게 받도록 좌우 선형을 각각 비대칭으로 디자인함</p>

[표 19] 직선 대칭 선형 STABILITY(안정성) 및 마력 산출

직선 대칭 선형디자인 : Type A	
	
경하중량	5.7 ton
만재 배수량	9.4 ton
GM (Min)	3.345 m
홀수 (Max)	0.62 m
트림 (Max)	-0.100 m

선속 (Knot)	EHP (요구마력)
5 Knot	5.53 hp
6 Knot	14.56 hp
7 Knot	10.91 hp
8 Knot	24.15 hp
9 Knot	43.26 hp
10 Knot	57.10 hp
11 Knot	66.76 hp
12 Knot	74.55 hp
13 Knot	83.29 hp
14 Knot	92.87 hp
15 Knot	104.75 hp

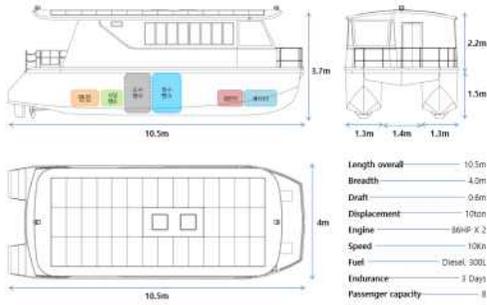
[표 20] 직선 비대칭 선형 STABILITY(안정성) 및 마력 산출

직선 비대칭 선형디자인 : Type B	
	
경하중량	5.8 ton
만재 배수량	9.5 ton
GM (Min)	3.140 m
홀수 (Max)	0.698 m
트림 (Max)	-0.132 m
선속 (Knot)	EHP (요구마력)
5 Knot	11.35 hp
6 Knot	21.13 hp
7 Knot	23.05 hp
8 Knot	33.90 hp
9 Knot	48.37 hp
10 Knot	63.23 hp
11 Knot	78.23 hp
12 Knot	94.04 hp
13 Knot	111.36 hp
14 Knot	130.61 hp
15 Knot	152.10 hp

3차 선형디자인 제안 중에서 대칭형 쌍동선 선형 Type A와 비대칭형 쌍동선 선형 Type B에 대해서 1차, 2차 선형디자인 저항성능 분석을 위한 동일한 방법으로 선속별 요구마력(EHP)을 산출하여 저항성능을 비교한 결과, 10knot의 선속 기준 시 직선 대칭 선형 (Type A)이 57.10hp, 직선 비대칭 선형(Type B)이 63.23hp으로 직선 대칭 선형이 약 10%(6.13hp) 에 너지 효율이 우수하며 대부분의 선속 비교에서도 저항을 적게 받고 있음을 알 수 있었다.

선형별 안정성(STABILITY)의 비교에서도 결과값은 근소하지만 전체적으로 직선 대칭 선형(Type A)이 대부분 안정성이 우수한 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과를 바탕으로 저항성능이 향상된 선형이 적용된 소형 플레저보트 디자인을 제안할 수 있게 되었다.

4-4. 쌍동선형 소형 plezier보트 디자인 제안



[그림 4] 쌍동선형 소형 plezier보트 외형 디자인 도면



[그림 5] 쌍동선형 소형 plezier보트 디자인 선수 이미지



[그림 6] 쌍동선형 소형 plezier보트 디자인 선미 이미지

5. 결론

본 연구는 중소형 선박의 선형 설계와 디자인 역량을 강화하기 위해 비교적 건조 절차와 안전검사 기준이 일반 선박보다 대폭 간소화된 선박길이 12미터 미만인 쌍동선 선형의 비사업용 “소형 plezier보트” 디자인을 제안하기 위해 설계 프로그램인 라이노(Rhino 4.0) & 맥서프(Maxsurf)를 사용하여, 1차, 2차, 3차에 걸쳐 안정성(STABILITY)과 유효마력을 산출하여 저항능이 개선된 선형을 적용하여 소형 plezier보트 디자인을 제안하였다. 본문 내용에는 생

략된 해양레저를 위한 다양한 휴양 및 위락 공간의 배치를 통한 사용자 편의 제공을 위한 사용자중심의 실내디자인 및 하우스 디자인과 태양력 전기 동력장치 기술과 알루미늄 선체 보트제작 기술을 적용한 “소형 plezier보트” 디자인에 관한 연구의 지속적인 수행을 통하여 중소형 선박의 선형 설계와 디자인 역량을 확보해 나갈 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. 강대선, 유진원, 이영길, 국내 연안어선의 저항최소화 선형설계에 관한 연구, 대한조선학회지, 2007. 8, Vol.44, No.4
2. 신성철, 김희모, 46피트급 모터요트의 선형설계, 대한조선학회지, 2008. 8, Vol.45, No.4
3. 박주신, 고재용, 이경우, 오우준, 38피트급 보급형 고속 카타마란 요트의 구조해석, 한국해양학회지, 2009. 4, Vol.33, No.4
4. 정찬수, 선박의 선형디자인 과정에 관한 연구, 한국디자인트렌드학회지, 2010. 2, Vol.26, No.1
5. 나한범, 전진용, 이동 및 보관이 용이한 접이식 레저보트 디자인 개발 방향에 관한 연구, 산업디자인학연구, 2016. 6, Vol.10, No.2
6. 박창규, 선형변환을 적용한 선박 최적설계 기법에 관한 연구, 한국기계기술학회지, 2018. 4, Vol.20, No.2
7. 박정윤, 이종현, 서장훈, 박동우, 소형 쌍동선의 저항성능 개선을 위한 선형 최적화 기법 개발, 대한조선학회지, 2023. 10, Vol.60, No.5
8. 김병기, 한국형 70피트급 쌍동선형 세일요트의 선형설계에 관한 연구, 목포해양대학교 석사학위논문, 2009
9. 박애선, 한국 선망어업 어선의 저항성능과 선형설계에 관한 연구, 인하대학교 석사학위논문, 2012
10. 해양수산부, plezier보트 검사기준, 제2017-94호
11. www.naver.com